

# El impacto del sistema de Entrada/Salida en la eficiencia energética<sup>1</sup>

Javier Panadero, Sandra Méndez, Dolores Rexachs, Javier Balladini, Ismael Rodríguez, Adrián Pousa, Remo Suppi y Emilio Luque.

Departamento de Arquitectura de Computadores y Sistemas Operativos  
Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España  
III-LIDI – Facultad de Informática – UNLP, Argentina

{Javier.panadero}@campus.uab.es, {isma, apousa}@lidi.info.unlp.edu.ar, {Sandra.mendez, Dolores.rexachs, Javier.Balladini, Rempo.suppi, Emilio.luque}@uab.es

**Abstract.** El aumento de la complejidad en las aplicaciones científica actuales, junto con la constante evolución de los sistemas de cómputo, ha causado que se requiera una gran exigencia por parte de los sistemas de E/S tanto en prestaciones como en consumo energético, hecho que se traduce en una gran demanda de energía por parte de los sistemas de E/S, limitando también la escalabilidad de estos.

Este artículo propone una metodología novel para caracterizar, analizar y evaluar el impacto de las aplicaciones intensivas de E/S en la eficiencia energética. Para ello, se consideran dos niveles del sistema de E/S: el nivel de dispositivo y el nivel de sistema.

Se ha evaluado caracterizando aplicaciones reales sobre diferentes sistemas, obteniendo valores de potencia consumida al ejecutar la aplicación muy cercanos a los valores esperados a partir de la caracterización del sistema. A partir de las evaluaciones realizadas se muestra que la configuración del sistema afecta a la eficiencia energética..

Keywords: Eficiencia energética, consumo, Sistema de Entrada/Salida, HPC, Metodología.

## 1 Introducción

Tanto el consumo como la eficiencia energética han pasado en muy pocos años de estar en un segundo plano a convertirse en dos factores clave en los sistemas en general y en los sistemas de E/S en particular. Esto es debido a diversos factores, entre los cuales destacamos el impacto medioambiental, la escalabilidad de los sistemas y el más importante, el coste económico, debido al precio del KW/h

---

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido subvencionado por el MICINN-Spain bajo el contrato TIN2007-64974

impuesto por la compañía eléctrica y el incremento anual de este. Debido a este último factor, actualmente cuando un centro de HPC adquiere un sistema de E/S, no sólo no se sopesa el coste de adquisición inicial del producto, sino el coste que tendrá el producto durante su ciclo de vida útil.

Debido a la importancia que ha adquirido el tema del consumo, actualmente podemos encontrar rankings similares al clásico TOP500, pero considerando también el consumo, como es el caso del Green500, que realiza un ranking de los supercomputadores que considera la capacidad de cómputo por cada watt consumido (MFLOPS/watt). Aunque cada vez es más habitual encontrar este tipo de rankings, la gran mayoría de ellos están orientados al cómputo. Actualmente, no es fácil encontrar análisis que comparen la energía y la eficiencia energética en los sistemas de E/S.

Considerando una computación eficiente y un rendimiento de la E/S determinado, es importante tener criterios para seleccionar la configuración que consideremos más eficiente desde el punto de vista energético. Nos planteamos en primer lugar, ¿Cómo realizar un diagnóstico energético?, ¿Qué debemos caracterizar?, ¿Cómo analizar el consumo?, ¿Qué métricas debemos utilizar?, todo esto se hace necesario conocerlo para poder hacer en el futuro propuestas y ejecución de mejoras de la eficiencia energética.

En este artículo, presentamos una metodología novel que permite caracterizar, analizar y evaluar el impacto de las aplicaciones intensivas de E/S en la eficiencia energética. Esta metodología pretende servir como punto de partida para en un futuro ser capaces de dimensionar el sistema de E/S proponiendo mejoras en términos de eficiencia energética.

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: la sección 2 presenta los trabajos relacionados con nuestra investigación, la sección 3 presenta la metodología propuesta, en la sección 4 se presenta los resultados experimentales y por último en la sección 5 se expone tanto las conclusiones como el trabajo futuro.

## 2 Trabajos relacionados

El trabajo presentado en este artículo está relacionado con investigaciones pertenecientes al área de: “análisis y caracterización de la eficiencia energética del sistema del sistema de E/S”. En esta área podemos encontrar diferentes trabajos, como es el propuesto por R.Geng[1], el cual propone una metodología de caracterización del sistema de E/S considerando los diferentes patrones de acceso y el escalado de frecuencia de la CPU.

A. Hylick[2], por su parte, propone un análisis de consumo energético analizando diferentes parámetros tales como el tipo de operación, el estado energético del disco, el tamaño de bloque de los datos a transferir y la dependencia de localidad de los datos. Este trabajo está centrado básicamente en la caracterización de los dispositivos.

Por otro lado, P.Seegal[3], propone un análisis de la energía y la eficiencia energética, considerando la sintonización de los diferentes parámetros configurados por defecto en sistema locales de ficheros, soportados por el sistema operativo

LINUX. En este trabajo no se consideran los computadores paralelos con sistemas de ficheros paralelos o distribuidos

En sistemas de almacenamiento masivo y redundancia, Y. Dong[4], por su parte, propone un análisis acerca de la potencia consumida por las diferentes operaciones de E/S sobre diferentes niveles RAID.

### 3 Metodología propuesta

Debido a la complejidad que presenta configurar y dimensionar el sistema de E/S, se hace necesario el diseño de una metodología que permita evaluar la eficiencia energética en términos de *performance*, potencia, energía y eficiencia energética, procediendo de un modo sistemático y, evitando las configuraciones empíricas basadas en la experiencia. La figura 1 presenta la metodología propuesta, la cual consta de 3 etapas claramente diferenciadas: caracterización, análisis de la configuración y evaluación.

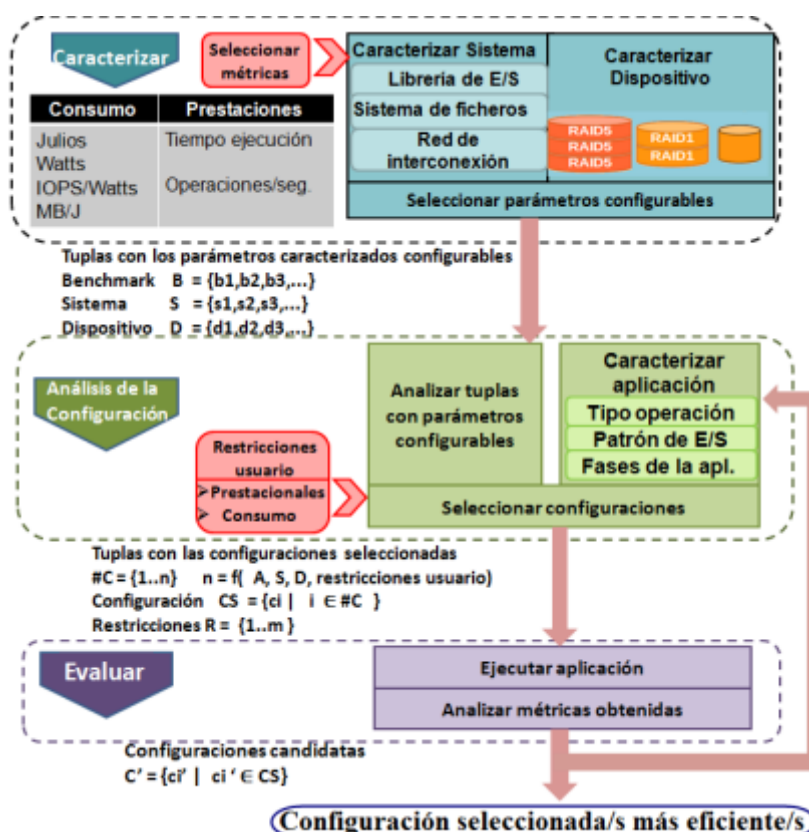


Figura 1: Metodología para evaluación de consumo

### 3.1 Caracterización

Etapa destinada a caracterizar *performance*, potencia, energía y eficiencia energética tanto el nivel de dispositivos como el nivel de sistema. Para ello se utilizan diferentes *benchmarks* de E/S y herramientas del sistema operativo.

La etapa de caracterización requiere seleccionar las métricas que se van a utilizar y, caracterizar tanto a nivel de dispositivos como a nivel de sistema de E/S, considerando los diferentes parámetros que se pueden seleccionar al configurar el sistema de E/S. La tabla 1 muestra la información obtenida para cada nivel caracterizado, así como los parámetros de los diferentes *benchmarks* considerados durante la caracterización y las métricas utilizadas.

#### A. Selección de las métricas

En esta sección se detallan las métricas utilizadas en la metodología para: *performance*, potencia, energía y eficiencia energética.

La *performance* del sistema de E/S es normalmente cuantificada en términos de ancho de banda (MB/s) o IOPS (operaciones por segundo). La medida se obtiene al ejecutar los *benchmarks* de E/S, la monitorización y medida la realiza el propio *benchmark* o la utilización de herramientas del sistema operativo.

Para cuantificar potencia y energía consumida se utiliza el Watt (W), el Julio (J). En este estudio, los watts son obtenidos directamente del medidor de consumo, mientras que los julios, son calculados indirectamente a partir de la potencia media consumida durante la ejecución del *benchmark* por el tiempo de ejecución total del *benchmark*.

Para el cálculo de la eficiencia energética, L. Liu[5] propuso dos métricas nuevas para cuantificar la eficiencia energética: IOPS/Watts y MBPS/Kilowatts. Para este estudio hemos seleccionado Mbps/watt y MB/J como métricas de eficiencia energética (Julio = Watt x segundo). Se ha decidido utilizar los Julios además de los Watts, debido a que los watts son útiles cuando se desea utilizar la potencia en función del tiempo. En nuestro caso, para medir eficiencia energética nos interesa conocer los megabytes transmitidos por julio, ya que lo que se busca es poder comparar eficiencia energética, para cada fase significativa de la aplicación.

#### B. Caracterización a nivel de dispositivo

Consiste en caracterizar tanto discos como sistemas RAID mediante la utilización de *benchmarks* de E/S como Iozone[6] y/o Bonnie++[7], los cuales nos permiten caracterizar el patrón de acceso y tipo de operación para diferentes tamaños de solicitud. Durante la caracterización de este nivel se han considerado: los patrones de acceso (secuencial y aleatorio), el tamaño de petición de datos y el tipo de acceso (bloque o carácter). Además, se caracterizan los diferentes estados de consumo de energía del dispositivo.

#### C. Caracterización a nivel de sistema

Consiste en la caracterización de: librerías de E/S, sistema de ficheros (local, y global), conexión de almacenamiento (DAS, NAS, SAN, NASD) y buffer caché del

sistema. Se utilizan *benchmarks* de sistemas de ficheros como Iozone[6] y/o Bonnie++[7] y *benchmarks* de librerías de E/S como IOR[8], el cual nos permite caracterizar diferentes librerías de E/S como POSIX, MPI o HDFS..

**Table 1.** Caracterización del sistema de E/S

¿Dónde?	Benchmark	Caracterización del sistema	Caracterización del dispositivo
¿Qué?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Patrón de acceso</li> <li>➢ Tipo de operación (Lectura/Escritura)</li> <li>➢ Tamaño de operación</li> <li>➢ Número de procesos</li> <li>➢ Librería de E/S</li> <li>➢ Fases del <i>benchmark</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Ancho de banda y potencia:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Librería de E/S</li> <li>• Sistema de ficheros (Local, Global)</li> <li>• Conexión Almacenamiento (DAS, NAS, SAN)</li> <li>• Buffer Caché (Act./Desact.)</li> <li>• Red de interconexión (Dedicada, compartida)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Ancho de banda y potencia:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos</li> <li>• Sistema RAID</li> <li>• Caché de disco</li> </ul> </li> <li>➢ Control de energía</li> <li>➢ Rotación disco</li> </ul>
¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <i>Benchmark</i>:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• parámetros de configuración</li> <li>• Documentación</li> <li>• Trazas</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <i>Benchmarks</i>:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de ficheros (Iozone/Bonnie++)</li> <li>• Librerías de E/S (IOR)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <i>Benchmarks</i>:               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Dispositivo (Iozone, Bonnie++)</li> <li>➢ Herramientas del sistema (HDPARM, vmstat, iostat)</li> </ul> </li> </ul>
¿Métricas?		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Performance ancho de banda (MB/s)</li> <li>➢ Potencia: Watts (W)</li> <li>➢ Energía: Julios (J)</li> <li>➢ Eficiencia Energética (MB/J)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Performance ancho de banda (MB/s)</li> <li>➢ Potencia: Watts (W)</li> <li>➢ Energía: Julios (J)</li> <li>➢ Eficiencia Energética (MB/J)</li> </ul>

### 3.2 Análisis de la configuración

El objetivo de esta etapa es seleccionar un conjunto reducido de configuraciones significativas para analizar. Para ello se consideran los parámetros configurables en los sistemas caracterizados en la etapa anterior y la aplicación o conjunto de aplicaciones que se van a ejecutar. Es importante tener en cuenta a la hora de seleccionar las configuraciones que se van a evaluar, las restricciones impuestas por el usuario, las cuales vendrán en forma de restricciones prestacionales y restricciones de consumo energético. Como resultado de la etapa, obtendremos un conjunto de configuraciones seleccionadas que se prevé que cumplen el conjunto de restricciones impuestas por el usuario.

### 3.3 Evaluación del impacto

Etapa destinada a evaluar y comparar el impacto de las configuraciones propuestas en base a las aplicaciones especificadas por el usuario. Para la evaluación de las configuraciones se utilizan las métricas utilizadas durante la caracterización. Analizado el impacto, seleccionaremos la configuración del sistema más eficiente y que se adapte a las condiciones impuestas por el usuario. En caso de no encontrar ninguna configuración que cumpla las restricciones impuestas por el usuario, se puede volver a la etapa de análisis de la configuración para seleccionar nuevas configuraciones a evaluar.

## 4 Resultados experimentales

En la etapa de caracterización, se muestran los resultados obtenidos al caracterizar los factores de E/S que tienen influencia en la eficiencia energética desde el punto de vista de prestaciones y consumo.

### 4.1 Caracterización del sistema

Los experimentos se han realizado sobre dos sistemas diferentes en la UAB:

- Workstation con procesador Pentium 4 a 4.1 GHz, 512 MB de RAM y disco duro Seagate Barracuda de 80 GB (figura 2.a ilustra las especificaciones del dispositivo). Sistema de ficheros local ext4 con una conexión DAS. La librería de I/O utilizada ha sido MPICH.
- Cluster Aohyper formado por 8 nodos AMD Athlon(tm) 64 x2 Dual Core x GHz), 2G de RAM por nodo, 150 GB de disco local con sistema de ficheros ext4, 1 servidor NFS con RAID 1 (2 discos) con 236 GB de capacidad y RAID 5 (5 discos) con stripe de 256 KB y capacidad de 917GB. Se ha utilizado un sistema de ficheros global NFS con una conexión NAS. La librería de I/O utilizada ha sido MPICH

Actualmente se están incorporando a las pruebas dos equipos disponibles en la UNLP:

- Cluster Blade con 16 hojas, cada una de las cuales tiene 2 procesadores quad core Intel Xeon e5405 2.0 GHz. Cada hoja tiene 2 Gb RAM (actualmente expandiéndose a 10 Gb) y el cluster dispone de un bloque de discos de 250 Gb.
- 4 servidores de altas prestaciones para el despliegue de un Cloud privado, de los cuales 2 servidores equipados con dos procesadores Intel Xeon E5620 Quad-Core, corriendo a 2.4 GHz con 48 GB de RAM y discos rígidos de 500 GB. Y los otros 2 servidores son hojas Blade con dos procesadores Intel Xeon E5405 cada una, corriendo a 2.0 GHz con 10 GB de RAM y discos rígidos de 250 GB.

A la hora de cuantificar el consumo, se ha utilizado el medidor de consumo Watts UP PRO, para adquirir las muestras de consumo. Este medidor permite adquirir muestras cada segundo en tiempo real. El medidor fue conectado en serie a la salida de la fuente de alimentación del computador o del servidor.

Han sido caracterizados los dos sistemas, a continuación se presentan los factores obtenidos para la Workstation.

#### A. Caracterización del dispositivo

Se han caracterizado el disco y los efectos del control de ahorro de energía del dispositivo. Para ello, se ha utilizado el *benchmark* IOR[8], el cual ha sido ejecutado 2 veces seguidas con un intervalo de 60 segundos. La figura 2.b ilustra el resultado de la ejecución utilizando control de ahorro de energía y sin utilizarlo, mientras que la

figura 2.c muestra la potencia y energía consumida para los dos tipos de ejecuciones. Debido a diversos factores como: los cortos períodos de standby, el coste tanto en tiempo como en potencia de la transacción Spin-Up y los picos obtenidos durante la transacción Spin-up, causan que el resultado sin utilizar control de ahorro energía sea mejor que utilizándolo. Además, se han caracterizado diferentes patrones de acceso (secuencial y aleatorio)[9].

#### B. Caracterización a nivel de sistema

Se ha caracterizado la influencia de las librerías de E/S. Se ha caracterizado la librería de paso de mensajes MPICH, para ello se ha utilizado el *benchmark* IOR[8] para 1 core sobre diferentes tamaños de solicitud con un archivo de tamaño de 1GB.

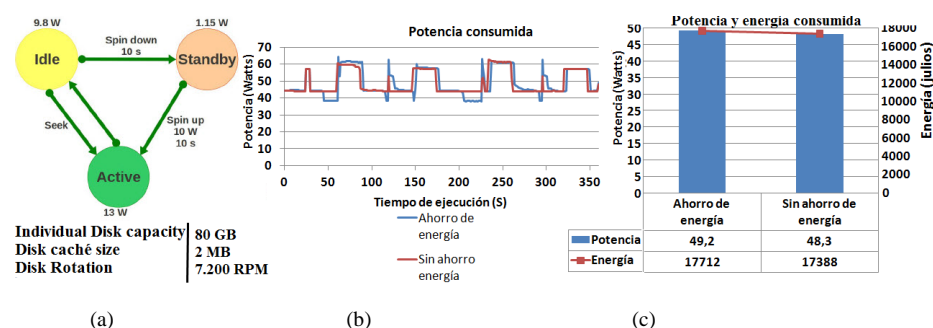


Figura 2: Control de energía. a) Especificaciones del dispositivo. b) control de energía del dispositivo y c) Potencia y energía consumida control de energía

El objetivo de esta caracterización era observar la eficiencia energética a medida que insertamos capas intermedias en el sistema de E/S. Se muestran los resultados de caracterizar operaciones de lectura (R) y escritura (W) para diferentes tamaños de bloque. La figura 3 muestra los resultados de la caracterización. Se observan las siguientes tendencias: tanto el ancho de banda como la eficiencia energética disminuyen, mientras que la energía consumida incrementa a medida que aumentamos el tamaño de solicitud. En cuanto a la potencia consumida, para operaciones de lectura, incrementa hasta 512KB, momento a partir del cual empieza a decrecer. En cuanto a operaciones de escritura, para un tamaño de solicitud de 512 KB, se observa un pequeño decrecimiento, momento a partir del cual incrementa hasta 1024 KB e inmediatamente comienza a decrecer para tamaños mayores.

Para mostrar la influencia de la configuración se muestra la caracterización de los diferentes niveles de caché del sistema, para ello se ha procedido a deshabilitar los diferentes niveles de caché progresivamente. Se ha considerado la caché de disco, como parte de la jerarquía de memoria cache del sistema y el buffer cache, como el buffer de memoria del sistema operativo. Para la caracterización se ha utilizado el *benchmark* IOZONE[6] para diferentes tamaños de solicitud con un archivo de tamaño de 1GB. La figura 4 muestra el resultado de la caracterización.

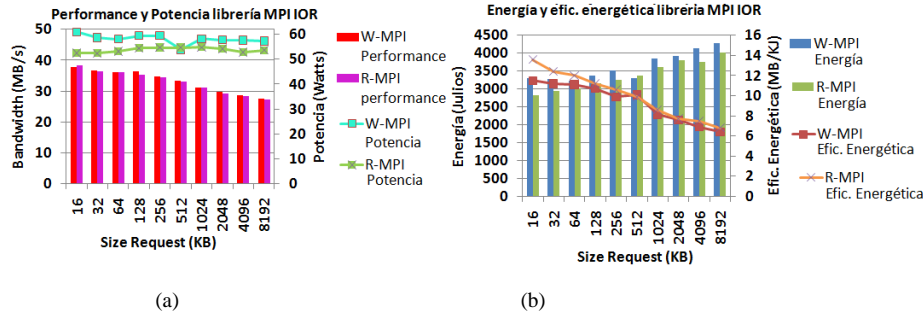


Figura 3: Caracterización a nivel de librería de E/S. a) Performance y potencia. b) Energía y eficiencia energética

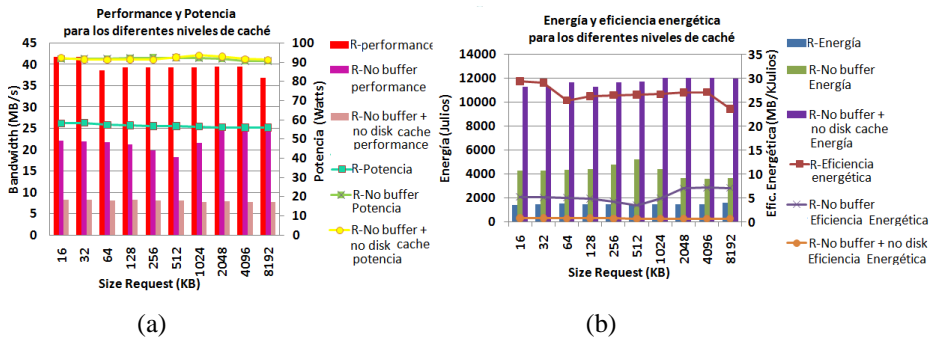


Figura 4 : Caracterización niveles caché. a) Performance y potencia. b) Energía y eficiencia energética

## 4.2 Análisis de la caracterización

Para evaluar y comparar el impacto de las configuraciones al ejecutar las aplicaciones, se seleccionó el Bloque Tridiagonal (BT) de la suite NAS como aplicación, la cual se ejecutó en los dos sistemas previamente caracterizados. Para la workstation se ejecutó la clase B y subtipo Full de la aplicación, la cual escribe un archivo de 1,5 GB, mientras que para el clúster se ejecutó la clase C y subtipo FULL utilizado 16 procesadores, la cual escribe un archivo de 6,5 GB.

La figura 5.b muestra la traza de la aplicación obtenida en la Workstation. Se observan tres fases representativas de la aplicación: una primera fase de cómputo con operaciones de escritura discontinuas con un tamaño de solicitud de 128 KB, una segunda fase intensiva de operaciones de escritura y una tercera fase intensiva de operaciones de lectura. Por otro lado, la figura 5.a muestra la potencia consumida durante la ejecución de la aplicación, después de un período inicial donde el estado del disco se encontraba en Idle. Se observan dos fases distintas, en la primera fase observamos un consumo mayor que en la segunda fase, eso es debido a que en la primera fase, la aplicación está computando y realizando operaciones de escritura, mientras que en la segunda fase, solamente realiza operaciones de E/S, es decir, no es intensiva en cómputo. Además, en la primera fase podemos observar picos en la



potencia consumida, eso es debido al consumo de las operaciones de escritura, que se añaden al consumo del cómputo.

En cuanto a la arquitectura utilizando el cluster aohyper, la figura 7 muestra la traza de la aplicación utilizando las configuraciones RAID 1 y RAID 5. Se observan dos fases representativas de la aplicación: una primera fase de cómputo con operaciones de escritura discontinuas con un tamaño de solicitud de 128 KB y una segunda fase intensiva de operaciones de lectura. En cuanto al consumo, la figura 6.a y 6.b muestran la potencia consumida durante la ejecución de la aplicación, después de un período inicial donde el estado del disco se encontraba en Idle para las configuraciones RAID 1 Y RAID 5. Se observan dos fases significativas, una primera fase de operaciones de escritura y una segunda fase de operaciones de lectura. Al tener aislado el nodo de E/S, no tenemos el impacto de consumo para operaciones intensivas de cómputo, con lo cual los valores obtenidos son básicamente de operaciones de escritura y lectura.

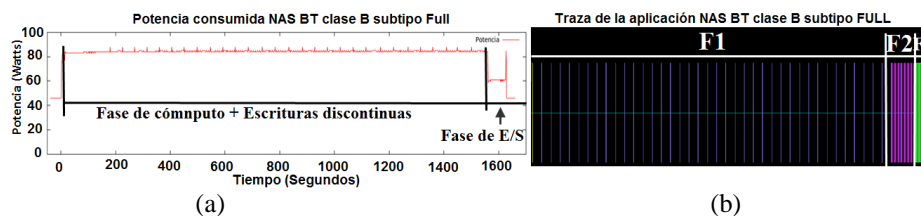


Figura 5: Aplicación NAS BT clase B subtipo Full. a) Potencia consumida. B) Traza de la aplicación

La figura 8 ilustra tanto los valores reales obtenidos durante la ejecución de la aplicación, como los valores de referencia obtenidos mediante la caracterización para potencia y ancho de banda de las dos arquitecturas utilizadas, para las operaciones de lectura y escritura con un tamaño de 128KB, con el buffer/cache activado.

Para los valores reales obtenidos en la workstation, se han seleccionado los valores de la fase intensiva de E/S, es decir, de la segunda fase de la aplicación, mientras que para seleccionar los valores de referencia, se han seleccionado los valores de la caracterización para la librería MPI, para un tamaño de operación de 128 KB. Se observan unos valores muy cercanos tanto en potencia como en ancho de banda.

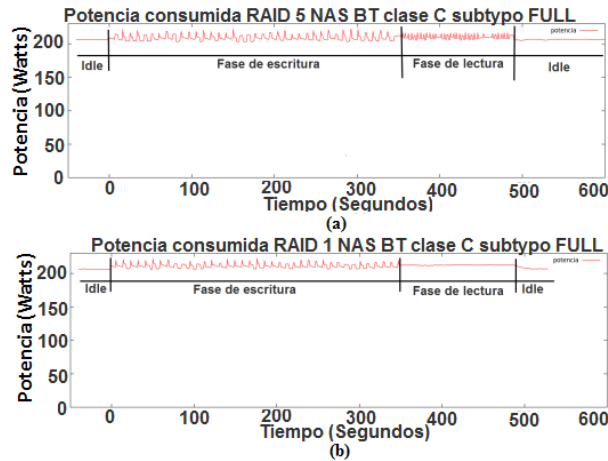


Figura 6: Consumo cluster aohyper configuraciones.  
a)configuración RAID5 b)configuración RAID1

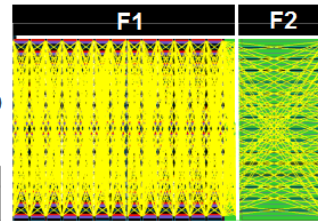


Figura 7: Traza de la aplicación

Para los valores obtenidos de la ejecución en el clúster, puesto que el cómputo está separado de la E/S, se han seleccionado las fases de cada tipo de operación, mientras que para seleccionar los valores de referencia, se han seleccionado los valores de la caracterización de 128 KB para la librería MPI. Se observa valores muy cercanos en potencia, sin embargo, para el ancho de banda se observan diferencias significativas, estas diferencias están causadas por la aplicación, ya que no logra estresar el sistema de E/S. La tabla 2 muestra el porcentaje de desviación del consumo entre los valores reales y los valores de referencia para las diferentes arquitecturas utilizadas. Se observa un consumo muy cercano entre los valores.

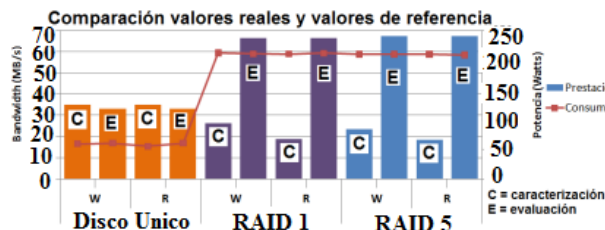


Figura 8: Valores reales y de referencia obtenidos

Table 2. Percentage of deviation obtained

Sistema	Tipo de operación	Desviación (%)
Worskstation	Escritura	3%
	Lectura	7%
Cluster aohyper (RAID 1)	Escritura	0,6%
	Lectura	0,8%
Cluster aohyper (RAID 5)	Escritura	0%
	Lectura	0,5%

## 5 Conclusiones

En este trabajo se propone una metodología novel con el propósito de evaluar la eficiencia energética del sistema de E/S, a partir de la caracterización, análisis de la configuración y evaluación del impacto del sistema de E/S en la eficiencia energética. Se ha evaluado con la caracterización de aplicaciones reales sobre diferentes sistemas, obteniéndose valores de potencia consumida por la aplicación muy cercanos a los valores esperados a partir de la caracterización del sistema. A partir de las evaluaciones realizadas se ha mostrado que la configuración seleccionada del sistema afecta a la eficiencia energética.

Este trabajo pretende servir como punto de partida de nuestra investigación. Actualmente se está trabajando en aportar un método que permita identificar las fases significativas de las aplicaciones en términos de consumo, considerando configuración del sistema. Asimismo interesa el estudio de aplicaciones transaccionales que tienen un volumen importante de E/S, para caracterizar el impacto que tiene la E/S en el consumo.

Para ello, también se está trabajando en proponer métricas que permitan comparar sistemas considerando las prestaciones con la eficiencia energética.

### Referencias

- [1] R. Ge, X. Feng. "Characterizing Energy Efficiency of I/O Intensive Parallel Applications on Power-Aware Cluster". IEEE International Symposium. IPDPS Workshops 2010: 1-8. 2010.
- [2] A. Hylick, R. Sohan, A. Rice. "An Analysis of Hard Drive Energy Consumption". MASCOTS 2008. Pages: 103-112. 2008
- [3] P. Sehgal, V. Tarasov, E. Zadok, "Optimizing Energy and performance for server-class file system workload". ACM Trans Storage 6. Article 10. September 2010
- [4] Y. Dong, J. Chen, T. Tang. "Power Measurements and Analyses of Massive Object Storage System". CIT 2010. Pages: 1317-1322. 2010
- [5] Z. LIU, X. Qin, C. xie, J. Zhou, J. Wang- "TRACER. A Trace Replay Tool to Evaluate Energy-Efficiency of Mass Storage Systems. IEEE International conference on Cluster Computing. 2010. Pages:68-77
- [6] W. D. norcot. "Iozone filesystem benchamrk". Tech. Rep. 2006. [Online]. Available: <http://www.iozone.org>
- [7] R. Coker, "Bonie++ filesystem benchmark". Tech. Rep. 2001.[Online]. Available: <http://www.coker.com.au/bonie++>
- [8] S. J. Shan, Hongzhang. "Using ior to analyze the i/o performance for hpc platforms". LBNL paper LBNL-62647, Tech. Rep. 2007. [Online]. Available: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/923356-15FxGK>
- [9] J. Panadero. D. Reixachs. "El impacto del sistema de E/S en la eficiencia energetica". Recercat.test.cesca.es/handle/2072/5173 [En proceso]